

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
университет»



С. В. Микушев

2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» на диссертацию Гребневой Елены Александровны «Роль водородного показателя как индикатора изменений морской среды Чёрного моря под влиянием климатических факторов и биогеохимических процессов», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология

Водородный показатель – важнейшая интегральная характеристика, отражающая состояние биогеохимических процессов в морских водоемах. Тенденции смещения величины pH – один из основных индикаторов естественных и антропогенно обусловленных климатических трендов, поскольку они свидетельствуют о фундаментальных изменениях карбонатной системы морской среды. Это и обращение автора к изучению пространственно-временной изменчивости водородного показателя вод Чёрного моря, уникального меромиктического полузамкнутого бассейна, определяют основные черты актуальности темы и новизны результатов диссертации Е.А. Гребневой.

Диссертация изложена на 126 страницах, состоит из введения, четырех глав, списка цитированной литературы и приложения. Список литературы включает 156 названий, из которых 98 на иностранных языках. Результаты исследований и их обсуждение автор иллюстрирует 39 рисунками и 8 таблицами.

В развернутой вводной части диссертации дана общая характеристика работы, представлена актуальность темы диссертационного исследования, даны формулировки цели и задач исследования, основные положения, выносимые на защиту. Также раскрыты научная новизна, практическая значимость, личный вклад

автора. Описана апробация результатов исследования. При этом автор дает практически исчерпывающую характеристику современного состояния водных масс Черного моря. На этой основе формулируется представление о слабой изученности пространственно-временной динамики pH его вод. Е.А. Гребнева отмечает системный характер негативного воздействия активной реакции среды на морские организмы и на процессы биоминерализации в акваториях, как основного фактора устойчивости морских экосистем Черного моря. Таким образом, в качестве объекта исследования определена активная реакция среды (pH). Предмет исследования – пространственно-временная неоднородность показателей pH, как основы для раскрытия трендов формирования активной реакции среды в водных массах Черного моря под влиянием климатических факторов и биогеохимических процессов.

Первая глава – это по сути обзор литературы по теме диссертации. Она посвящена комплексному анализу водородного показателя (pH) как ключевого параметра кислотно-щелочного баланса морской среды. В главе рассмотрены фундаментальные факторы, влияющие на величину pH, включая растворение CO₂ и биологические процессы, а также классические и современные методы его измерения. Особое внимание уделено глобальной современной проблеме – подкислению океанических вод, распространению и скорости развития этого явления, последствиям для морских организмов и региональной специфике подкисления вод Черного моря. В заключении главы автор приходит к выводу, что из-за высокой естественной вариации показателей pH оценка долгосрочных тенденций изменений активной реакции вод в Черном море остается сложной задачей, что затрудняет прогнозирование состояния его экосистемы.

Описание характера положенных в основу диссертации исходных материалов и методов их получения и анализа приведено во второй главе. Примечательно, что в своем анализе автор опирается на многолетний ряд наблюдений. В первую очередь – это массивы исторических наблюдений за pH в разных акваториях Черного моря, выполненных за 1957–1996 гг. Пул современных наблюдений получен в ходе современных экспедиционных работ 2019–2022 гг. На это основе автор описывает пространственно-временную неоднородность вод Черного моря по показателям pH. Подробно изложена примененная методика пространственной интерполяции для восстановления данных на регулярной сетке. Также представлен и верифицирован набор модельных данных ре-анализа CMEMS, который использовался для анализа. В заключении главы приведена информация о дополнительных данных, таких как сток реки Дунай и биометрические показатели моллюсков, которые применялись для последующего анализа. В анализе данных автор в необходимом объеме использует

процедуры статистического анализа. Очевидно, что использованные автором данные как по объему и характеру, так и по способам их анализа вполне адекватны целевым позициям рассматриваемой диссертации.

В третьей главе представлен детальный анализ климатических характеристик pH в водах Черного моря. Автором установлено, что пространственное распределение и сезонная вариация показателей pH в глубоководной части моря тесно связаны с динамикой вод, проявляясь в пониженных значениях в центрах циклонических круговоротов. В северо-западной части, подверженной влиянию стока Дуная, сезонный ход pH демонстрирует выраженную связь с биологическими процессами в эстуарии и речным стоком. На основе восстановленного временного ряда за 1957-1996 гг. выявлена квазипериодическая компонента изменчивости pH и его значимая связь с фазами макроциркуляционных атмосферных процессов, в частности с Восточно-Атлантическим колебанием. Комплексная оценка данных наблюдений и ре-анализа за период 1957-2022 гг. позволила установить статистически значимый отрицательный тренд, соответствующий скорости подкисления вод на 0,024 единицы pH за десятилетие.

Результирующую часть диссертации заключает четвертая глава, в которой обоснована и создана прогностическая модель, связывающая изменения размеров раковины мидии *Mytilus galloprovincialis* с явлением долгосрочное подкисление вод Черного моря. Прогностические свойства модели были продемонстрированы Е.А. Гребневой на основе декомпозиции временного ряда данных за 1992-2022 гг. В результате выделен тренд снижения величины pH на 0,024 единицы за десятилетие. Экстраполяция этой модели до 2300 года прогнозирует уменьшение pH до 7.5-7.65, что, согласно экспериментальным данным, приведет к сокращению максимального размера раковин мидий на 24.5% в результате нарушений процесса кальцификации. Интересным итогом исследований автора является разработанная ею модель долгосрочной динамики pH локальной акватории Чёрного моря, позволяющая сделать прогноз воздействие снижения pH на размер раковин мидий *Mytilus galloprovincialis*.

Принципиальных недочетов в контексте диссертации нет. Из частных замечаний следует отметить следующее.

1. В работе использован обширный массив разновременных данных, полученных разными методами (колориметрическим и потенциометрическим). Однако неясно как была обеспечена сопоставимость этих данных.,

2. В разделе 3.3.2, посвященном композитному анализу, отсутствует четкое обоснование выбора порогового значения для аномалий в 0.5σ.

3. На стр. 17 в утверждении «водородный показатель может изменяться на порядок и более, вводит в заблуждение, поскольку изменение величины pH на 1 единицу означает изменение концентрации ионов H^+ именно на порядок.

4. Библиографические ссылки не всегда оформлены единообразно: в ряде случаев в цитировании из группы авторов указан только первый.

Оценивая работу в целом можно заключить следующее. Результаты исследований Е.А. Гребневой следует рассматривать как вклад в развитие геоэкологии, поскольку они углубляют представлений о механизмах трансформации морских экосистем под влиянием климатических факторов. С практической стороны положения диссертации позволяют количественно оценить масштабы и последствия антропогенного воздействия на экосистему Чёрного моря. Кроме того разработанные автором программы для ЭВМ могут быть применены в целях прогнозирования появления экстремальных значений pH.

Выводы, сформулированные диссертантом, в конце работы непосредственно следуют из проведенных исследований, раскрыты в автореферате и в работах, опубликованных автором по теме диссертации. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Отмеченные в отзыве замечания носят дискуссионный характер и не снижают очевидных достоинств рассматриваемой диссертации.

Диссертация Гребневой Е.А. по теме, содержанию и научным результатам соответствует паспорту научной специальности 1.6.21. Геоэкология по пунктам: 1. «Изучение состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов»; 5. Природная среда и индикаторы ее изменения под влиянием естественных природных процессов и хозяйственной деятельности человека (химическое и радиоактивное загрязнение биоты, почв, пород, поверхностных и подземных вод), наведенных физических полей, изменения состояния криолитозоны» и 14. «Научные основы организации геоэкологического мониторинга природотехнических систем и обеспечение их экологической безопасности, разработка средств контроля состояния окружающей среды».

Структура и оформление диссертации и автореферата диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Работа обладает четкой структурой, которая полностью соответствует поставленным цели и научным задачам. Изложение материала ведется ясным научным языком, а оформление отвечает всем требованиям. Диссертационное исследование сопровождается наглядным иллюстративным материалом и развернутым библиографическим списком.

Содержание автореферата адекватно отражает ключевые положения и научные результаты, выносимые на защиту.

Диссертационная работа Гребневой Елены Александровны на тему «Роль водородного показателя как индикатора изменений морской среды Чёрного моря под влиянием климатических факторов и биогеохимических процессов» представляет собой завершённую научно-исследовательскую квалификационную работы и удовлетворяет требованиям пунктов 9, 10, 11, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Отзыв ведущей организации на диссертацию Гребневой Елены Александровны подготовлен доктором биологических наук (специальность 03.02.10 - гидробиология), профессором Кафедры ихтиологии и гидробиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» Николаем Владимировичем Максимовичем.

Отзыв рассмотрен и обсужден на заседании Кафедры ихтиологии и гидробиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (заседание кафедры 3 ноября 2025 г., протокол № 1) и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Согласен на обработку персональных данных при размещении отзыва в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Заведующий Кафедрой ихтиологии и гидробиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», доктор биологических наук, (специальность 03.02.10 - гидробиология)

Максимович Николай Владимирович



В. Максимович
06.11.2025 г.
В. Максимович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»
199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб. д. 7/9,
Тел.: +7(812) 328-97-01; e-mail: spbu@spbu.ru
Сайт: <https://spbu.ru/contacts/>